

В. Т. Чемерис

# ІМПУЛЬСНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ПОСТУПАЛЬНОГО ТА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ

*Стисло викладені результати дослідження електромагнітних та електромеханічних процесів у імпульсних перетворювачах енергії поступального та обертального руху (генераторах і двигунах ударної дії)*

**Ключові слова:** імпульсна електромеханіка, ударні двигуни, прискорювачі макротіл, генератори імпульсного струму

## 1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у доповіді, стосуються імпульсної електромеханіки – галузі, що перебуває у стані розвитку. Порівняно висока наукоємність технічних розробок у цій галузі має наслідком те, що електричні імпульсні робочі механізми ударної дії сьогодні переважно витіснені енергоефективними пневматичними механізмами, хоча у електричних механізмів є свої переваги. Більш широке впровадження у практику електроімпульсних механізмів та електромашинних генераторів імпульсного струму неможливе без глибокого дослідження електромагнітних та електромеханічних процесів у таких пристроях. Тому дослідження, про які йдеться в доповіді, є актуальними.

## 2. Постановка проблеми

Робочі режими імпульсних електромеханічних перетворювачів супроводжує цілий комплекс фізичних явищ, а саме: нелінійна дифузія магнітного поля, нестаціонарний розподіл струмів внаслідок скін-ефекту, інерція рухомих частин, нестаціонарні теплові поля, висока швидкість рухомих частин. Через складність аналізу таких взаємопов'язаних явищ математичні моделі перехідних процесів стають головним знаряддям дослідження та оптимізації імпульсних пристроїв електромеханіки. Викладені обставини обумовили напрям і зміст досліджень, проведених в даній роботі.

## 3. Основна частина

### 3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження

В роботі [1] наведений короткий огляд стану робіт в імпульсній електромеханіці на початок

2005 року. Тут зазначені головні теоретичні та практичні досягнення в цій галузі. В бібліографічному покажчику цієї книги міститься 10 посилань на друковані праці автора даної статті. Книга не торкається питань генерування імпульсних струмів (ці питання розглянуто в [10], [11]). В роботах [2]–[4] розвинуті оригінальні підходи до розв'язання нелінійних задач електродинаміки і створена цілісна теорія ієрархічних методів електродинаміки, які відкривають перед дослідниками широкі можливості для теоретичного аналізу нелінійних взаємодій між полями, зарядженими частинками та середовищами. В огляді [5], зробленому авторами зі США, було відзначено внесок українських дослідників, що працювали на той час в Інституті електродинаміки НАН України під керівництвом автора статті, у розвиток електромагнітних прискорювачів (в огляді міститься 17 посилань на друковані праці автора даної статті). В роботах того періоду автор спільно з колегами розробив та впровадив у практику програмні засоби ([6], [7] та ін.) для розрахунку індукційних та рейкових прискорювачів, засновані на методі вторинних джерел, що розвинутий свого часу д. т. н. О. В. Тозоні. З того часу автором статті було надруковано близько 100 наукових праць з питань імпульсної електромеханіки. Роботи найновішого часу присвячені практичним питанням застосування індукційних прискорювачів [8] та розв'язанню ключових проблем рейкових прискорювачів [9].

### 3.2. Результати досліджень

У рамках проведених досліджень було визначено рівень коефіцієнтів корисної дії (ККД) для імпульсних перетворювачів різних типів та досліджений вплив масштабного фактору на величину ККД. Для рейкових та соленоїдних прискорювачів визначена залежність ККД від форми імпульсу струму, що живить перетворювач. Індукційні прискорювачі коаксіального типу досліджені методами математичного моделювання для трьох діапазонів

вихідної швидкості вторинного тіла (20 м/с, 200 м/с та 2000 м/с), відповідні значення ККД складають 10-14%, 18-22%, 36-40%. Була досліджена лабораторна модель 6-ступінчастого індукційного прискорювача з рівнем швидкості вторинного тіла до 140 м/с та відпрацьована методика детальних вимірювань електромагнітних параметрів індукторної системи прискорювача. Математичні моделі дозволили встановити умови для узгодження кожного ступеня прискорювача із законом руху вторинного тіла при швидкостях до 1,5 – 2 км/с. Детально досліджені процеси дифузії поля в масивні провідники вторинного тіла та в провідники котушки індуктора. Запропоновані та досліджені найбільш ефективні двошарові екрани (провідник плюс феромагнетик) для захисту від розсіяного магнітного поля потужних імпульсних індукторних систем з повним струмом до 1 МА. Розроблено програми визначення механічних напружень у витках котушок індукторних систем та рекомендації по їхньому зменшенню. Для генераторів імпульсного струму з лінійним рухом циліндричних або плоских масивних тіл із застосуванням методів оптимального управління визначені режими, що забезпечують максимальну ефективність генератора. Детально проаналізовано конструктивні та режимні особливості імпульсних генераторів обертового руху, так званих компресійних генераторів. Детально досліджено методи зменшення пазового розсіювання магнітного потоку з допомогою електропровідних екранів. Це питання є актуальним через значний вплив пазового розсіювання на коефіцієнт підсилення енергії в імпульсному генераторі. Для рейкових прискорювачів досліджувався розподіл густини струму у ковзаючому контакті при високій швидкості руху (до 2,5 км/с). Вперше було реалізовано машинний розрахунок процесів у контакті з врахуванням наявності перехідного опору між електродами. На підставі комутаційного аналізу рейкового прискорювача аналітично доведено, яким саме умовам повинна відповідати електропровідність поверхневого шару направляючих рейок для того, щоб уникнути кризи контакту при високій швидкості руху. Для всіх досліджуваних процесів в роботі одержані критерії подібності.

В роботі запропоновано 26 нових конструкцій імпульсних двигунів та генераторів імпульсного струму, що реалізують підсумки досліджень.

### Література

1. Болюх, В.Ф. Лінійні електромеханічні перетворювачі імпульсної дії [Текст] / В.Ф. Болюх, В. Г. Данько – Харків: НТУ „ХПІ”. – 2006. – 260 с.
2. Kulish, V.V. Methods of averaging in nonlinear problems of electrodynamics –Atlanta: Word Federation Publishers Company Inc. – 1998. – 387 p.
3. Kulish, V.V. Hierarchical methods. Vol. 1. Hierarchy and asymptotic hierarchical methods in electrodynamics. – Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, Inc. – 2002. – 468 p.
4. Kulish, V. V. Hierarchical methods. Vol. 2. Undulative electrodynamic systems. – Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, Inc. – 2002. – 514 p.
5. Parker, J.V. Non-US Electrodynamics Launchers Research and Development / Parker J. V., Batteh J. H., Greig J. R. Keefer D., McNab, Ian R., Zabar Z.// FASAC Technical Assessment Report. – USA, San Diego: Science Applications International Corporation. – 1994. – 104 p.
6. Чемерис, В.Т. Исследование магнито-импульсного взаимодействия проводящих контуров на ЭЦВМ с учетом движения вторичного контура [Текст] / В.Т. Чемерис, А.Д. Подольцев // Техническая электродинамика. – 1979. – № 1. – С.22-26.
7. Чемерис, В.Т. Исследование магнитоимпульсного взаимодействия движущихся проводящих тел при наличии проводящей среды [Текст] / В.Т. Чемерис, А.Д. Подольцев // Техническая электродинамика. – 1980. – № 1. – С.16-21.
8. Bolyukh, V. The Project Analysis of Induction Accelerator Parameters for the Field Mortar. [Text] / Chemerys, V., Bolyukh, V., Mashtalir, V. // Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence. – Київ: Національна академія оборони України. – 2010. – № 1. – С.22-28.
9. Чемерис, В.Т. Ключевая проблема рельсового ускорителя и концепция для ее решения [Текст] / В.Т. Чемерис // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – Київ: КБ артиллерийских систем. – 2012. – № 2. – С.18-28.
10. Кучинский, В.Г. Компрессионные генераторы [Текст] / А.С. Дружинин, В.Г. Кучинский, Б.А. Ларионов // Физика и техника мощных импульсных систем. – Москва: Энергоатомиздат. – 1987. – 352 с.
11. Чемерис, В.Т. Расчет электромагнитных переходных процессов в массивных витках электромагнитного генератора периодических импульсов тока [Текст] / В.Т. Чемерис, А.Д. Подольцев, В.И. Греблев // Электричество. – 1991. – № 9. – С.64-67.

### ИМПУЛЬСНЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

**В. Т. Чемерис**

Коротко изложены результаты исследования электромагнитных и электромеханических процессов в импульсных преобразователях энергии поступательного и вращательного движения (генераторах и ударных двигателях)

**Ключевые слова:** импульсная электромеханика, ударные двигатели, ускорители макротел, генераторы импульсного тока

*Владимир Терентьевич Чемерис, доцент каф. теор. физики Национального авиационного университета, г. Киев, тел. (044) 406-78-40, e-mail: vchemer@voliacable.com*

### PULSED ELECTROMECHANICAL CONVERTERS OF LINEAR AND ROTATIONAL MOTION

**V. Chemerys**

There are described the results of investigation of electromagnetic and electromechanical processes in the pulsed energy converters of linear and rotational motion (generators and shock drives)

**Keywords:** pulsed electromechanics, shock drives, accelerators of macrobodies, generators of pulsed current

*Volodymyr Chemerys, associate Professor of Department of Theoretical Physics, National Aviation University of Ukraine, Kyiv, tel. (044) 406-78-40, e-mail: vchemer@voliacable.com*